



П.И. Назмиев
А.В. Григорьева

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ В ЛАНДШАФТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Екатеринбург
2018

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра лесных культур и биофизики

П.И. Назмиев

А.В. Григорьева

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ В ЛАНДШАФТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Учебно-методическое пособие
для выполнения практических занятий
обучающимися по образовательной программе
35.03.10 «Ландшафтная архитектура»
Дисциплина «Гидротехнические сооружения
в ландшафтном строительстве»

Екатеринбург
2018

Печатается по рекомендации методической комиссии ИЛП.
Протокол № 1 от 16 октября 2017 г.

Рецензент – канд.с.-х. наук, доцент В.Н. Денеко

Редактор Р.В. Сайгина
Оператор компьютерной верстки Т.В. Упорова

| | | |
|-----------------------------|-------------------|----------------|
| Подписано в печать 21.05.18 | | Поз. 41 |
| Плоская печать | Формат 60×84 1/16 | Тираж 10 экз. |
| Заказ № | Печ. л. 2,09 | Цена руб. коп. |

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение | 4 |
| Обводнение земель | 5 |
| Проектирование пруда | 5 |
| Расчет объема воды в пруду | 7 |
| Топографическая характеристика пруда..... | 8 |
| Водохозяйственный расчет пруда | 8 |
| Проектирование плотины | 12 |
| Построение рабочих чертежей | 19 |
| Мелиорация овражно балочных систем | 22 |
| Расчет оросительных и поливных норм, определение объемов воды на орошение | 26 |
| Гидравлический расчет фонтанов | 30 |
| Рекомендуемая литература | 32 |
| Приложения..... | 33 |

ВВЕДЕНИЕ

Основной целью дисциплины «Гидротехнические сооружения в ландшафтном строительстве» является теоретическая и практическая подготовка бакалавров, обучающихся по направлению «Ландшафтная архитектура». Будущий специалист должен уметь обосновывать необходимость гидротехнических мелиораций, осуществлять выбор способа корректировки водного режима почв в условиях избыточного или недостаточного увлажнения, проектировать осушительные или оросительные системы, а также плотинные водоемы и другие гидротехнические комплексы, выбирать оптимальный способ строительства и механизации строительных работ.

Данное учебно-методическое пособие позволяет обучающимся овладеть практическими навыками расчета и проектирования плотинного пруда в балке, водозадерживающего вала в вершине оврага, навыками расчета фонтанов, оросительных и поливных норм, оросительной способности водисточника и т.д.

На практических занятиях по дисциплине «Гидротехнические сооружения в ландшафтном строительстве» обучающиеся получают индивидуальное задание по каждой теме и выполняют отчет, содержащий пояснительную записку и рабочие чертежи. Текст пояснительной записки размещается на листах формата А4, междустрочный интервал 1,5 строки, поля 2,5 см со всех сторон, абзацный отступ 1,0 см. Рабочие чертежи в соответствии с действующими ГОСТами.

Данное учебно-методическое пособие будет полезно не только для закрепления теоретических знаний по дисциплине, но и в будущей практической деятельности бакалавров, обучающихся по направлению «Ландшафтная архитектура».

ОБВОДНЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ

Проектирование пруда

Немаловажным мероприятием в ландшафтных и бытовых целях является и проектирование водоисточников, в том числе плотинных и копаных прудов. Пруды проектируются недалеко от места потребления воды, а из санитарных соображений – выше населенного пункта с учетом топографических и гидрографических условий и экономических требований.

При выборе места необходимо изучить ложе будущего пруда, которое должно отвечать следующим условиям:

- 1) пруд должен иметь достаточную для его заполнения водой водосборную площадь;
- 2) продольный уклон балки в зоне пруда должен быть около 0,007 ‰, так как при большем уклоне требуется устройство более высокой плотины;
- 3) крутизна берегов будущего пруда должна быть 30–50°, так как при крутых берегах возможно их разрушение, а при очень пологих образуется обширная зона мелководья, благоприятная для зарастания и развития малярийных комаров;
- 4) для уменьшения потерь на фильтрацию воды ложе пруда должно состоять из маловодопроницаемых грунтов (глины, суглинки).

Основные требования к земляной плотине сводятся к следующему:

- 1) для уменьшения объема земляных работ плотину располагают в наиболее узкой части балки (рис. 1);
- 2) продольная ось плотины должна быть перпендикулярна горизонталям склона;
- 3) выше плотины не должно быть действующих оврагов или они должны быть закреплены.

После того как место под пруд выбрано, проводят изыскания. В первую очередь исследуют грунты на такую глубину, чтобы захватить 1,5–2-метровый водонепроницаемый слой. Для этого устраивают скважины на дне и берегах балки и роют шурфы: не менее 3 по оси будущей плотины, 2–3 по оси водослива и 8–12 на дне и берегах балки под будущим прудом. По шурфам устанавливают строение и род почвогрунтов, определяют механический состав и водопроницаемость отдельных слоев.

Если в результате исследований будет установлено, что почвогрунты позволяют создать в данном месте пруд, то производят теодолитную съемку и нивелировку балки. По дну балки прокладывают нивелир-теодолитный ход, с разбивкой пикетов через 50–100 м, а также на поворотах. От главного хода через 50–100 м разбивают поперечники, на которых также разбивают пикеты через 10–50 м в зависимости от рельефа.

Нивелировкой захватывают полосу длиной 100 м ниже оси плотины. Главный нивелирный ход заканчивают на берегах балки на 200 м выше

предполагаемого зеркала пруда, а поперечники заканчивают на берегах балки на 2–3 м выше (по высоте) предполагаемого уровня воды.

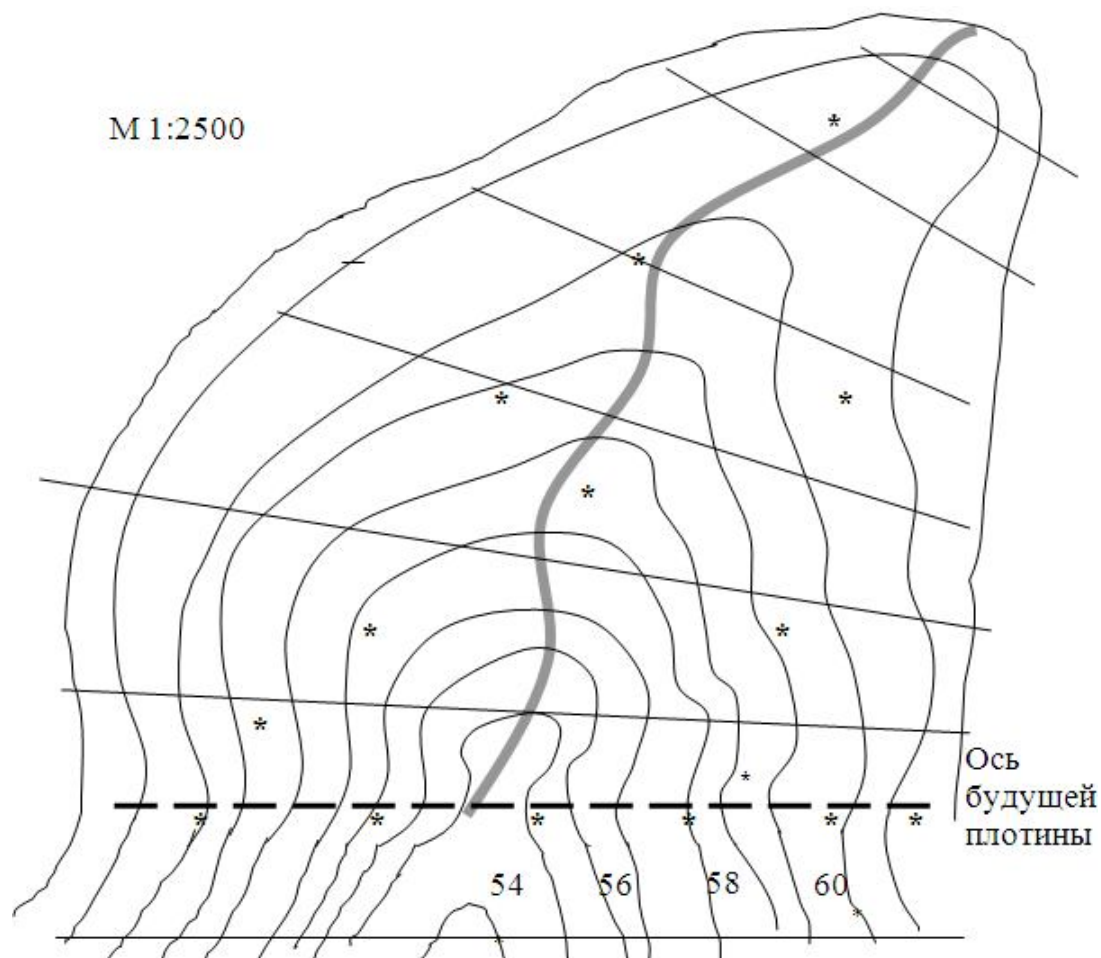


Рис. 1. План участка: * – места закладки шурфов;
 ————— – нивелирные ходы

Отдельный ход прокладывают по оси водослива с установкой пикетов через 10–20 м и разбивкой поперечников от них длиной 10 м в каждую сторону. На всех линиях проводят двойную нивелировку. Привязка осуществляется минимум к одному реперу, расположенному вблизи плотины.

После этого определяют величину водосборной площади (по карте и в натуре), уточняют площади затопления и подтопления, намечают места для карьеров, выбирают тип плотины и вид водосбросного сооружения, уточняют расчетные модули стока, выявляют древесные породы для посадок вокруг пруда, тип крепления откосов.

По материалам изысканий составляют проект пруда и плотины.

Расчет объема воды в пруду

На плане с горизонталями (см. рис. 1) намечается расположение оси плотины. Место для плотины выбирают по возможности в суженной части балки, чтобы емкость образуемого пруда была возможно больше, а зеркало пруда во избежание лишних потерь на испарение возможно меньше.

С помощью планиметра (или другим способом) на плане участка в горизонталях вычисляют площадь зеркала пруда. Вычисления производят для каждой горизонтали плана от намеченной оси плотины вверх по тальвегу. Объем чаши ниже нижней горизонтали определяется по формуле

$$V_{54} = 1/3 S_{54} H, \quad (1)$$

где H – вертикальное расстояние от дна тальвега у плотины до нижней горизонтали (отметка дна пруда у плотины находится интерполяцией, например, 0,4 м);

S_{54} – площадь зеркала, ограниченная нижней горизонталью (54-й).

Остальной объем чаши водохранилища вычисляют, складывая объемы между каждой парой соседних горизонталей. Для этого находят среднюю площадь соседних горизонталей и умножают на вертикальное расстояние между ними, т.е., если горизонтали расположены через 1 м, то и расстояние между ними равно 1 м.

$$V_{54-55} = S_{cp54-55} H. \quad (2)$$

Полученные результаты сводятся в табл. 1.

Таблица 1

Определение объемов воды в пруду

| Отметки горизонталей | Площадь, ограниченная горизонталью, м ² | Средняя площадь, м ² | Толщина слоя воды, м | Объем воды между плоскостями двух смежных горизонталей, м ³ | Объем воды, соответствующий отметке данной горизонтали, м ³ |
|----------------------|--|---------------------------------|----------------------|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 54 | 5439 | – | 0,4 | 725 | 725 |
| 55 | 9875 | 7657 | 1 | 7657 | 8382 |
| 56 | 14101 | 11988 | 1 | 11988 | 20370 |
| 57 | 26210 | 20155 | 1 | 20155 | 40525 |
| 58 | 34689 | 30649 | 1 | 30649 | 71174 |
| 59 | 46764 | 40727 | 1 | 40727 | 111901 |
| 60 | 70225 | 58494 | 1 | 58494 | 170395 |
| 61 | 80869 | 75547 | 1 | 75547 | 245942 |

Топографическая характеристика пруда

По данным табл. 1 строят кривые, характеризующие зависимость объема пруда и площади зеркала воды с отметками горизонталей. Совмещенные на одном графике батиграфические кривые называются топографической характеристикой пруда (рис. 2).

Для построения топографической характеристики по вертикальной оси графика (оси ординат) откладывают отметки горизонталей в масштабе (например, 1:50, 1:100), а по горизонтальной (оси абсцисс) – площади (по данным колонки 2) и объемы (по данным колонки 6) в произвольном масштабе.

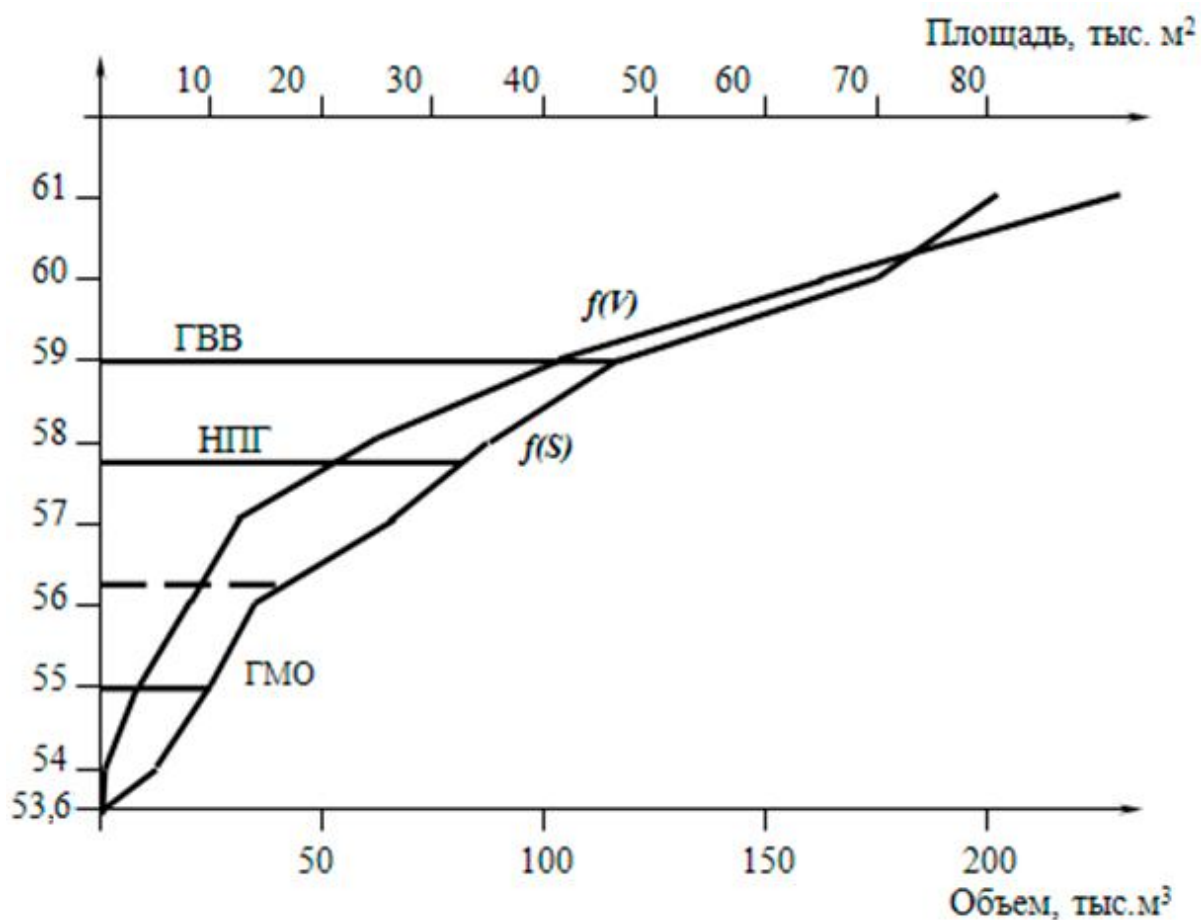


Рис. 2. Топографическая характеристика пруда

Водохозяйственный расчет пруда

Водохозяйственный расчет пруда включает в себя расчет характерных объемов воды: полезного объема, мертвого, объема потерь, резервного объема.

1. Полезный объем

Полезный объем пруда ($V_{\text{полезн}}$), м³, включает количество воды, которое идет на удовлетворение нужд водоснабжения населенного пункта

($V_{быт}$), орошение питомников ($V_{орош}$), для противопожарных целей ($V_{пож}$) и называется полезной водоотдачей пруда.

$$V_{\text{полезн}} = V_{\text{орош}} + V_{\text{пож}} + V_{\text{быт}}. \quad (3)$$

Например, если пруд проектируется для целей орошения и пожаротушения, то в этом случае

$$V_{\text{полезн}} = V_{\text{орош}} + V_{\text{пож}}. \quad (4)$$

$$V_{\text{полезн}} = 22000 + 7500 = 29500 \text{ м}^3.$$

2. Мертвый объем

Величину мертвого объема пруда определяют:

1) по количеству наносов, поступающих в пруд с водосборной площади; по санитарным нормам в целях уменьшения прогревания воды в летнее время и снижения процессов разложения и гниения растительных и животных остатков в пруду постоянно должно быть не менее 0,5–1,0 м воды;

2) по минимальной толщине слоя воды в пруду при рыборазведении (при разведении зеркального карпа и линия слой воды в пруду должен быть не менее 0,5 м); так как дно пруда наклонно, то толщина мертвого слоя в наиболее глубоком месте у плотины должна быть 2–3,5 м;

3) по глубине промерзания воды (0,5–1,5 м): дно пруда не должно промерзать, так как в нем образуются трещины, вызывающие утечку воды.

При предварительном расчете мертвый объем ($V_{мо}$) принимается равным 15 % от полезного объема:

$$V_{\text{мо}} = 0,15 V_{\text{полезн}}. \quad (5)$$

$$V_{\text{мо}} = 0,15 \cdot 29500 = 4425 \text{ м}^3.$$

Рассчитанную величину мертвого объема откладывают на топографической характеристике по кривой объемов и определяют глубину воды, соответствующую предварительно рассчитанному мертвому объему.

Если глубина воды составит не менее, например, 1,5 м (глубина мертвого уровня устанавливается с учетом санитарных требований и целей проектирования пруда), то мертвый объем оставляют вычисленной величиной.

Если же глубина меньше принятого уровня, то горизонт мертвого объема устанавливается на уровне 1,5–2,0 м. На топографической характеристике указывают уточненную отметку горизонта мертвого объема (ГМО) и определяют величину мертвого объема.

$$V_{\text{мо}} = 8382 \text{ м}^3.$$

Сумма мертвого и полезного объемов составит промежуточную величину – расчетный объем

$$V_{расч.} = 8382 + 29500 = 37882 \text{ м}^3.$$

Расчетный объем откладывают на топографической характеристике и определяют по батиграфической кривой площадь зеркала воды на горизонте мертвого объема и уровне рассчитанного объема для дальнейших расчетов.

$$S_{гмо} = 9875 \text{ м}^2; \quad S_{расч.} = 15000 \text{ м}^2.$$

3. Объем потерь

Потери воды из пруда определяют для того, чтобы установить, сколько воды можно взять из него для полезного потребления. Вода, накопленная в пруду, не может быть полностью использована для полезных целей, так как часть ее теряется, поэтому при определении объема потерь учитываются потери на испарение, фильтрацию, заиление и льдообразование

$$V_{потерь} = V_{исп} + V_{ф} + V_{з} + V_{льд}. \quad (6)$$

Потери воды на испарение ($V_{исп}$) с водной поверхности (испаряемость) зависят от температуры воды и воздуха, влажности воздуха и скорости ветра. Слой потерь на испарение можно определить по специальным картам или по формуле:

$$V_{исп} = \Pi_{исп} \frac{S_{гмо} + S_{расч}}{2}, \quad (7)$$

где $\Pi_{исп.}$ – слой воды на испарение определяется по карте изолиний испарения (Б.Д.Зайкова) или принимается для лесной зоны 0,4–0,5 м, лесостепной – 0,6, степной – 0,7–0,8 м.

$S_{гмо}$ – площадь зеркала воды на горизонте мертвого объема, м^2 ;

$S_{расч.}$ – площадь зеркала воды на горизонте расчетного объема, м^2 .

$$V_{исп} = 0,5 \frac{9875 + 15000}{2} = 6219 \text{ м}^3.$$

Потери на испарение при облесении территории вокруг пруда сокращаются на 15 – 20 % вследствие снижения скорости ветра и повышения влажности воздуха в зоне пруда.

Потери на фильтрацию ($V_{ф}$) рассчитывают по формуле (7), подставляя вместо слоя воды на испарение ($\Pi_{исп}$) величину слоя воды на фильтрацию ($\Pi_{ф}$). Фильтрация воды из пруда происходит через тело плотины, в обход нее, под плотиной, через ложе пруда, и величина ее зависит от водопроницаемости и механического состава грунта, формы берегов.

$$V_{\phi} = 0,6 \cdot 12437,5 = 7462 \text{ м}^3.$$

Потери воды за счет заиления (V_z) зависят от состояния водосбора, степени его распаханности и облесенности. При облесенном нераспаханном водосборе средний слой заиления (Π_z) равен 1,7–4,0 см в год, при распаханном водосборе заиление может достигать 20–22 см в год. С целью уменьшения твердого стока и заиления прудов целесообразно оставлять нераспаханную (20–30 м) полосу вокруг пруда и проводить облесение берегов балки. Потери на заиление также рассчитывают по формуле (7)

$$V_z = 0,04 \cdot 12437,5 = 498 \text{ м}^3.$$

Потери на льдообразование ($V_{льд}$) зависят от климатических факторов, обычно слой воды на льдообразование принимают равным 0,5 – 1,2 м и рассчитывают по формуле (7) в том случае, если пруд проектируется для бытовых нужд и водопотребления.

$$V_{льд} = 0,8 \cdot 12437,5 = 9950 \text{ м}^3.$$

Объемы потерь суммируют по формуле (6)

$$V_{потерь} = 6219 + 7462 + 498 = 14179 \text{ м}^3.$$

Общий полезный объем пруда складывается из мертвого и полезного объемов, объема потерь.

$$V_{НПГ} = V_{мо} + V_{полезн} + V_{потерь} \quad (8)$$

$$V_{НПГ} = 8382 + 29500 + 14179 = 52061 \text{ м}^3.$$

Найденный объем откладывается на топографической характеристике, уровень воды называют *нормальным подпорным горизонтом* (НПГ). Это высший подпорный уровень, который плотина может поддерживать в течение длительного времени при нормальной эксплуатации всех сооружений.

По графику определяют площадь зеркала воды на этом горизонте.

$$S_{НПГ} = 30000 \text{ м}^2.$$

3. Резервный (форсировочный) объем

В результате весеннего снеготаяния, выпадающих длительных ливней с водосборной площади в пруд может поступать большое количество воды. В этом случае объем притока будет превышать расход воды, и вода в пруду может подниматься над НПГ. Объем форсировки (резервный объем), располагающийся выше НПГ, служит для сохранения паводковых вод, пропускаемых через водосбросные сооружения. Наивысший горизонт при пропуске наибольшего весеннего паводка называют максимальным подпорным или *горизонтом высоких вод* (ГВВ).

Превышение отметки ГВВ над НПГ увеличивает высоту, а, следовательно, стоимость сооружения плотины. Однако при этом снижается стоимость водосбросного сооружения (за счет уменьшения его размеров, рассчитываемых на меньший расход). Уменьшение сбросного расхода объясняется регулирующим влиянием пруда, так в пруду между НПГ и ГВВ временно задерживается часть объема паводка.

При объеме пруда ниже НПГ менее 30 тыс. м³ на форсировку целесообразно (экономически) добавлять до 0,5 м; при объеме 30–100 тыс. м³ – до 1,0 м; при объеме более 100 тыс. м³ – до 1,5 м.

Таким образом, полный объем пруда складывается из объема на НПГ и резервного объема.

$$V_{ГВВ} = V_{НПГ} + V_{фор}. \quad (9)$$

Установив на топографической характеристике уровень (горизонт) высоких вод, определяют площадь и объем пруда

$$S_{ГВВ} = 40\,000 \text{ м}^2; \quad V_{ГВВ} = 90\,000 \text{ м}^3.$$

Проектирование плотины

Выбор типа плотины

Тип земляной плотины выбирается в зависимости от наличия и качества местных грунтов, способов производства работ и залегания водоупора в месте устройства плотины. Как правило, в плотину укладывают грунт, вынутый при устройстве водосбросного канала (табл. 2).

В лесном и сельском хозяйстве наибольшее распространение получили плотины из однородных грунтов (рис. 3, 4,а), или с противофильтрационными устройствами (рис. 4,б, в, 5,а, б, в).

Для однородной плотины наиболее приемлемым грунтом считается средний и тяжелый суглинок. Чистая глина при насыщении водой набухает и оплывает, а при высыхании дает трещины, что приводит к разрушению тела плотины. Песчаные же грунты обладают высокой фильтрационной способностью. Проектируется однородная плотина на маловодопроницаемых (глинистых или суглинистых) грунтах толщиной не менее трех метров.

Фильтрующаяся вода является не только потерей прудовой воды, но она также выносит с собой мелкие частицы грунта из основания, ослабляя его и вызывая оседание низа плотины, образование в ней трещин, что в конечном итоге ведет к разрушению плотины.

В теле плотины противофильтрационные устройства устраивают в виде ядра или экрана. Под плотиной через водопроницаемое ее основание задерживают фильтрацию воды такие противофильтрационные устройства как замок, зуб со шпунтовым рядом, понур (рис. 4, 5).

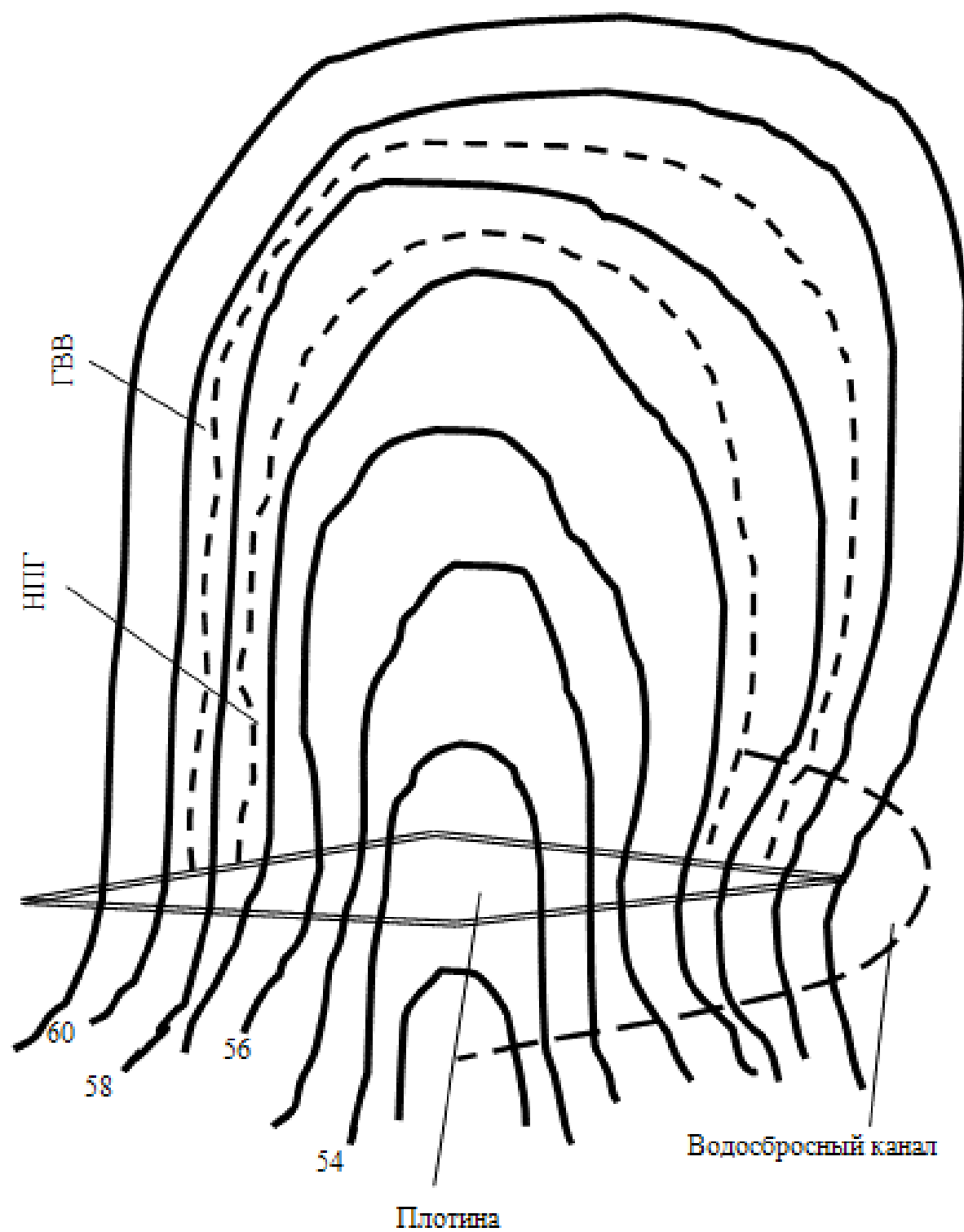


Рис. 3. Проект пруда и плотины

Ядро – противофильтрационное устройство в виде насыпи внутри тела плотины из маловодопроницаемых грунтов (глина, тяжелый суглинок, рис. 4,б). Ядро проектируют для уменьшения фильтрации воды через тело плотины в том случае, если плотина возводится из водопроницаемых грунтов (песчаных, супесчаных, гравелистых). Ядро в форме трапеции располагается внутри плотины по всей ее длине.

Экран – противофильтрационное устройство проектируется под верховым откосом из хорошо утрамбованной глины в том случае, если грунт плотины способен размываться (рис. 4,в). Со стороны пруда экран покрывается слоем гравия или песка. Гребень экрана располагается на уровне ГВВ.

Выбор противофильтрационного устройства под плотиной зависит от водопроницаемости грунтов балки в месте плотины и глубины залегания водоупорного горизонта.

Замок – противофильтрационное устройство проектируется под плотиной для уменьшения фильтрации воды, если плотина устраивается на водопроницаемых грунтах, а водоупорный пласт начинается на глубине 3 м (рис. 5,а).

Замок представляет собой траншею трапецеидальной формы, которая прокладывается под всей плотиной и врезается в водоупорный слой на 0,5 м. Ширина по дну (b) у траншеи принимается 1 м, коэффициенты откосов (m) – 1,00. Ширина по верху у траншеи рассчитывается по формуле

$$B = b + 2mT. \quad (10)$$

Траншея (замок) заполняется глинистыми или суглинистыми грунтами. Замок располагается под ядром, экраном или от начала гребня плотины.

Зуб со шпунтовым рядом – это противофильтрационное устройство под плотиной, проектируется, если плотина возводится на водопроницаемых грунтах мощностью от 3 до 6 м (рис. 5,в). Выполняется зуб (траншея, выполненная аналогично замку) глубиной 1,5–2,0 м и в его дно забивается шпунтовый ряд из толстых бревен, брусьев или досок. Шпунт нижней частью врезается в водоупор на 1 м, верхняя его часть входит в зуб на 0,5 м.

Понур устраивается для усиления действия зуба и шпунта, если водоупорный пласт находится на глубине более 6 м (рис. 5,в). Понур представляет собой слой мятой глины, который укладывается на дно пруда вдоль подошвы верхнего откоса. Толщину понура принимают около $0,1h$ (h – наибольшая глубина воды перед плотиной, м) и располагают его в сторону пруда на расстоянии, равном $5-8h$.

Дренаж чаще проектируется в однородных плотинах для предотвращения выноса частиц грунта с фильтрующей водой. Дренаж устраивают со стороны сухого откоса путем насыпки слоями толщиной 15–20 см мелкого, затем крупного песка, далее укладывают слой щебня или гравия,

затем мелких и средних камней. По периферии дренажа укладывают дренажные трубы. Ширина дренажного устройства принимается не менее 1 м, а высота не менее 1/4–1/5 высоты плотины.

Таблица 2

Рекомендуемые типы низконапорных земляных плотин
и противофильтрационных устройств

| Грунты оснований, мощность, м | Строительные грунты, К – коэффициент фильтрации, м/сут. | | |
|---|---|--|---|
| | Пески крупно-, средне-, мелко- зернистые $K = 1,00-0,75$ | Легкий суглинок, супесь $K = 0,05-0,7$ | Средние и тяжелые суглинки, $K = 0,005-0,05$ |
| Водонепроницаемые (глинистые), до 3 м и более | Плотина с ядром | Плотина с экраном | Однородная плотина с дренажем и защитным покрытием откосов |
| Водопроницаемые до 2 м | Плотина с ядром и замком | Плотина с замком и экраном | Однородная плотина с замком, дренажем и защитным покрытием откосов |
| Водопроницаемые более 6 м | Плотина с ядром, зубом и шпунтовым рядом | Плотина с экраном, зубом и шпунтовым ря- дом | Однородная плотина с зубом, шпунтовым рядом и защитным покрытием откосов |
| Водопроницаемые более 6 м | Плотина с ядром, зубом, шпунтовым рядом и понуром | Плотина с экраном, зубом, шпунтовым рядом и понуром | Однородная плотина с зубом, шпунтовым рядом, понуром и защитным покрытием откосов |

Высота плотины

Высота плотины рассчитывается с учетом глубины пруда в самом глубоком месте у плотины ($h_{ГВВ}$), добавляется запас на осадку и запас на волнобой

$$H_{пл} = h_{ГВВ} + h_{волн} + h_{ос}, \quad (11)$$

где $H_{пл}$ – высота плотины, м.

Глубина пруда определяется по топографической характеристике пруда (см. рис. 3) от дна пруда у плотины до горизонта высоких вод (ГВВ).

Гребень плотины должен быть выше ГВВ на столько, чтобы волны, поднятые ветром, не набегали на него. Запас на волнобой рассчитывается по формуле Е.А. Замарина.

$$h_{волн} = 0,7 + 0,1 Z \quad (12)$$

$$h_{волн} = 0,7 + 0,1 \cdot 0,355 = 0,74 \text{ м,}$$

где Z – длина по оси пруда, км.

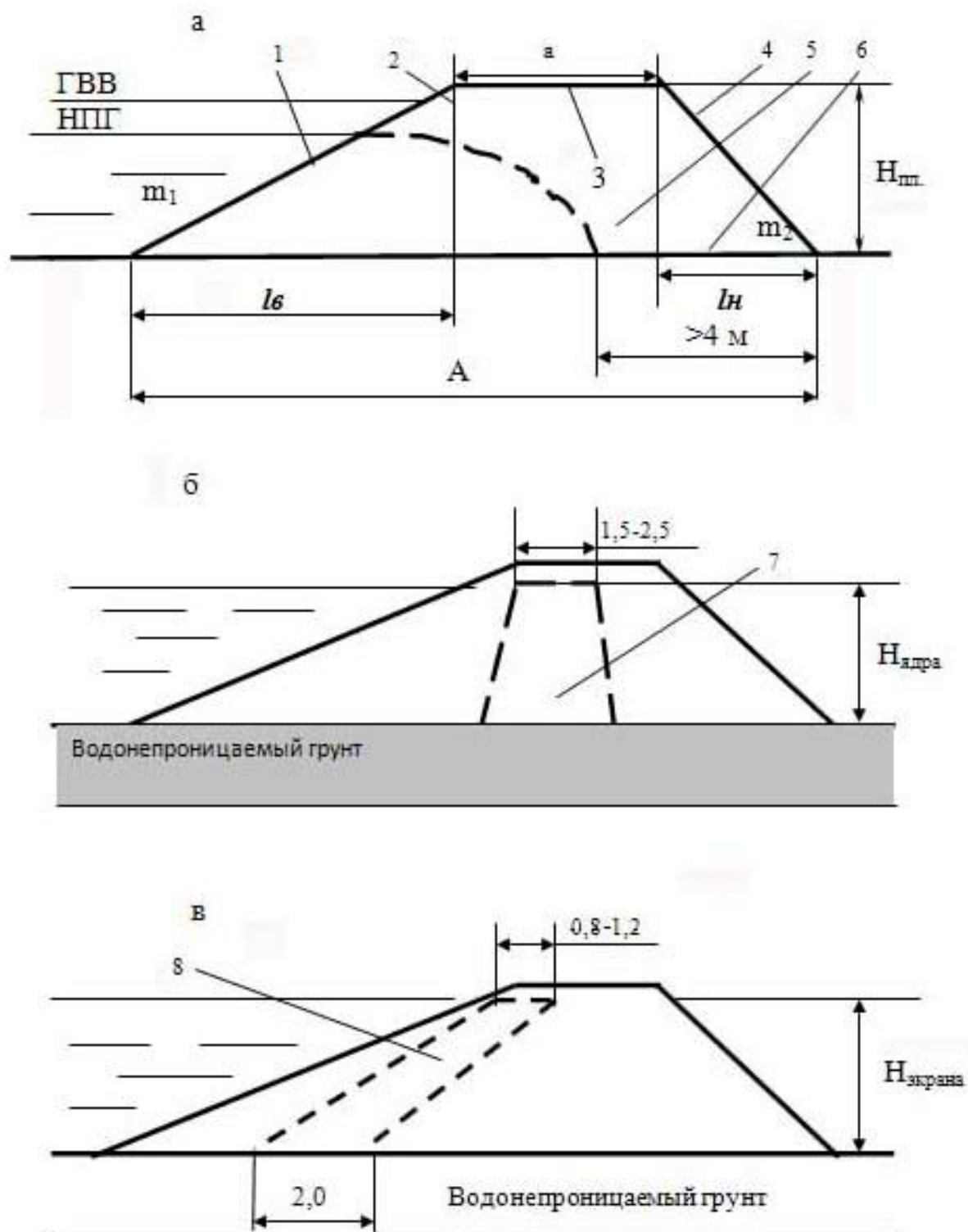


Рис. 4. Типы земляных насыпных плотин:

а – из однородного грунта; б – с ядром; в – с экраном:

1 – верховой (мокрый) откос, $m_1 = 2$; 2 – бровка; 3 – гребень; 4 – низовой (сухой) откос, $m_2 = 1$; 5 – тело плотины; 6 – подошва; 7 – ядро; 8 – экран

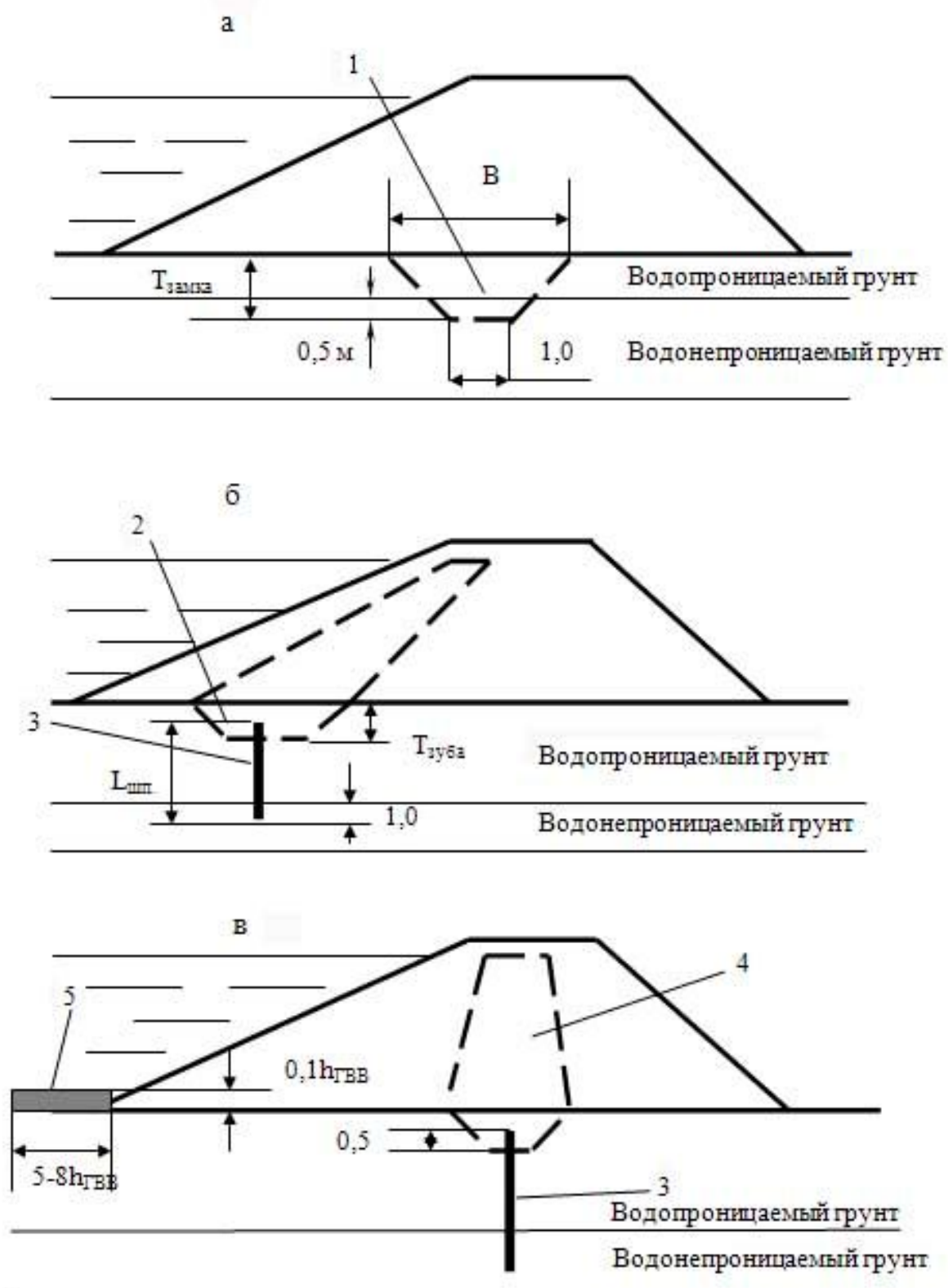


Рис. 5. Типы земляных плотин с противофильтрационными устройствами под плотиной: а – однородная плотина с замком; б – плотина с экраном, зубом и шпунтовым рядом; в – плотина с ядром, зубом и шпунтовым рядом;
1 – замок; 2 – зуб; 3 – шпунтовый ряд; 4 – ядро; 5 – понур

Длина по оси пруда определяется на плане балки с горизонталями от оси плотины до горизонтали уровня ГВВ

$$H_{пл} = 5,4 + 0,74 + 0,1 \cdot 5,4 = 6,68 \approx 6,7 \text{ м.}$$

Ширина гребня

Ширина плотины по гребню принимается в зависимости от высоты плотины и от того, проезжая или нет будет плотина (табл. 3, 4).

Таблица 3

Ширина гребня плотины

| Высота плотины, м | Ширина гребня, м |
|-------------------|------------------|
| <i>l</i> | <i>2</i> |
| до 6 | 3-4 |
| 6-10 | 4-5 |
| 10 и более | 5-7 |

Таблица 4

Ширина гребня плотины для разных категорий дорог

| Категории дорог общей сети | | | | | | Сельскохозяйственные дороги | |
|----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------------------|-----------|
| <i>l</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i> | <i>8</i> |
| Ширина гребня плотины | I | II | III | IV | V | I группа | II группа |
| | 27,5 | 15 | 12 | 10 | 8 | 8,0 | 6,0 |

Коэффициенты откосов

Крутизна откосов плотины характеризуется коэффициентом откоса. Коэффициент откоса – это отношение заложения откоса к высоте плотины или *ctga* (см рис. 4,а).

$$m = \frac{l}{H_{пл}} \text{ или } l = m H_{пл}.$$

Коэффициенты откосов зависят от вида грунта и высоты плотины. Мокрый или верховой откос делают более пологим, так как он испытывает давление воды и разрушающее действие волнобоя (табл. 5).

Таблица 5

Коэффициенты заложения откосов низконапорных земляных плотин

| Грунты | Коэффициенты откосов при высоте плотины | | |
|-------------|---|----------|----------|
| | до 5 м | 5–10 м | 10–12 м |
| <i>l</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> |
| Суглинистые | | | |
| верховой | 2,5 | 2,75 | 3,0 |
| низовой | 1,75 | 2,0 | 2,25 |

Окончание табл. 5

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------|-----|------|-----|
| Супесчаные | | | |
| верховой | 3,0 | 3,25 | 3,5 |
| низовой | 2,0 | 2,25 | 2,5 |
| Песчаные | | | |
| верховой | 3,5 | 3,75 | 4,0 |
| низовой | 2,5 | 2,75 | 3,0 |

Ширина основания плотины

Ширина основания плотины рассчитывается по формуле с использованием выбранных параметров плотины.

$$A = a + H_{пл}(m_в + m_н), \quad (14)$$

где A – ширина основания плотины, м;

a – ширина гребня плотины, м;

$m_в$ – коэффициент верхового (мокрого) откоса;

$m_н$ – коэффициент низового (сухого) откоса;

$H_{пл}$ – высота плотины, м.

Построение рабочих чертежей

Продольный и поперечный профили пруда

Продольный профиль пруда вычерчивается в масштабах: горизонтальном 1:5000, вертикальном 1:50 (рис. 6). Для построения профилей используется план балки (см. рис. 1, 3). На чертеже указывается вертикальная шкала с отметками горизонталей. По горизонтальной шкале отмечают расстояния по оси пруда. Вычерчивается дно пруда, и отмечаются характерные уровни воды (ГМО, НПГ, ГВВ). Поперечный профиль пруда вычерчивается также в масштабах горизонтальном 1:5000, вертикальном 1:50 (рис. 7). Для этого по вертикальной оси откладывают отметки горизонталей до гребня плотины. На плане балки (см. рис. 3) замеряют расстояния между горизонталями по оси плотины и вычерчивают профиль пруда в створе плотины.

Поперечный профиль плотины

Поперечный профиль плотины является основным чертежом, отражающим конструкцию плотины. На нем указываются все параметры плотины и размеры противофильтрационных устройств, если они проектируются (см. рис. 4, 5). Чертеж выполняется в масштабе 1:100 (1:200). На чертеже указывается вертикальная шкала с отметками высот, высота плотины, ширина плотины по гребню, отметки гребня и характерных горизонтов воды в пруду (ГМО, НПГ, ГВВ), глубина залегания водопора, ядро, экран, замок, зуб, шпунт, понур, дренаж (если они проектируются). При построении поперечного профиля отдельно для верхового и низового откосов

рассчитывается заложение откосов по формуле (13). Пунктиром указывается контур плотины после осадки грунта.

Продольный профиль плотины

Продольный профиль плотины или план плотины используется для разбивки плотины на местности. Он представляет собой вид насыпи сверху.

Масштаб принимается горизонтальный 1:1000, 1:2000 (для построения длины плотины), вертикальный 1:100, 1:200 (для построения ширины плотины).

Зная высоту плотины, определяют отметку гребня плотины (см. рис. 6, 7).

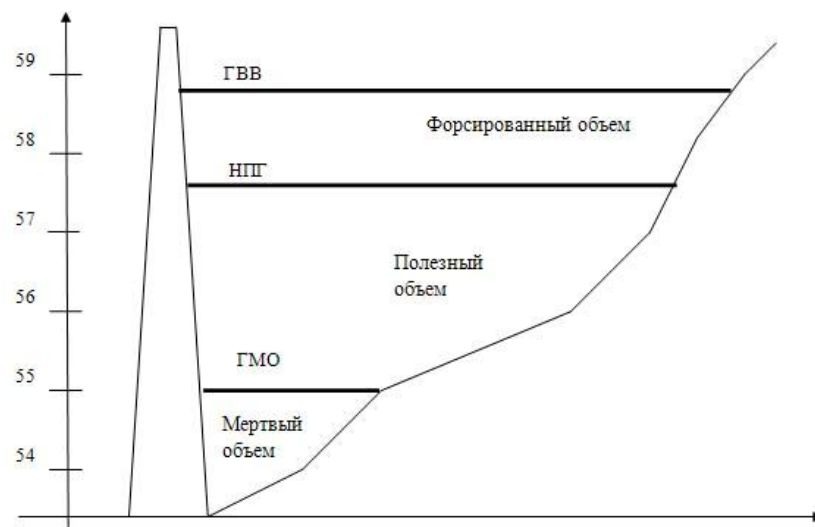


Рис. 6. Продольный профиль плотины

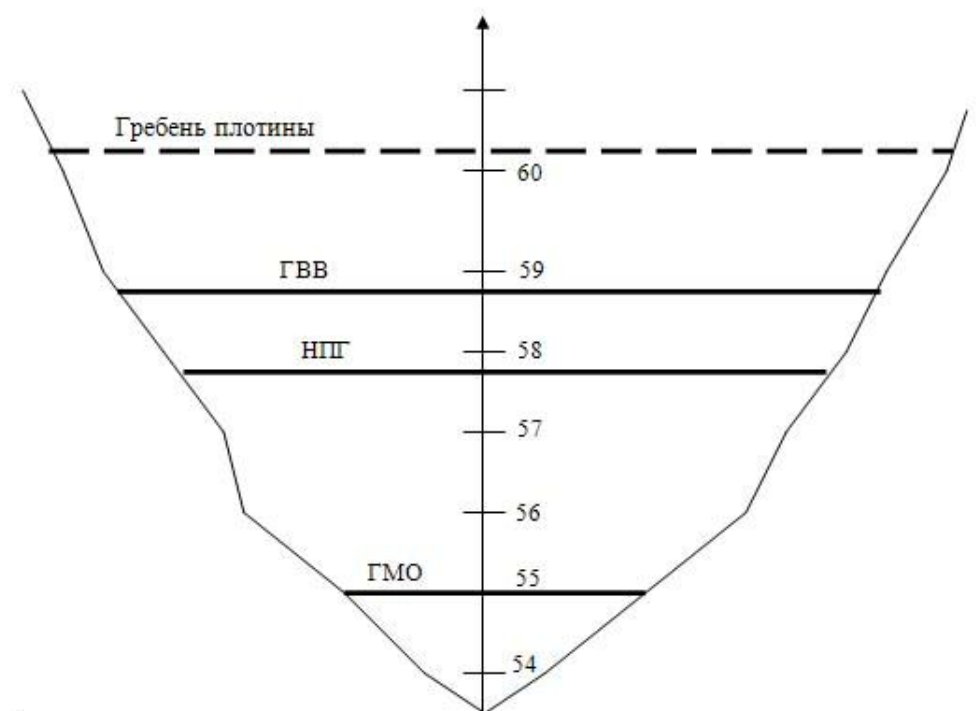


Рис. 7. Поперечный профиль плотины

На плане балки в горизонталях (см. рис. 3) по оси плотины отмечают ее концы согласно отметке гребня. Таким образом, уточняется длина плотины. Затем приступают к непосредственному вычерчиванию плана плотины (рис. 8).

Вначале проводится ось и отмечается длина плотины. Параллельно с обеих сторон намечают бровки гребня так, чтобы расстояние между бровками равнялось принятой ширине гребня плотины.

Подшвы откосов плотины, т.е. линии пересечения плоскостей откосов плотины с поверхностью земли, строят следующим образом. С предыдущих чертежей (см. рис. 1, 6, 7) берутся расстояния между горизонталями и откладываются в масштабе по оси плотины. С этого же чертежа берется высота плотины на каждой горизонтали.

Умножением высоты плотины на коэффициент откоса (отдельно верховой и низовой) получают заложение откоса, которое откладывается от бровки гребня плотины перпендикулярно ее оси в месте пересечения с соответствующей горизонталью. Концы заложений с обеих сторон плотины соединяют прямыми линиями и получают подошвы откосов в виде ломаной линии. Контуры плотины (бровки гребня и подошвы откосов) вычерчиваются жирными линиями.

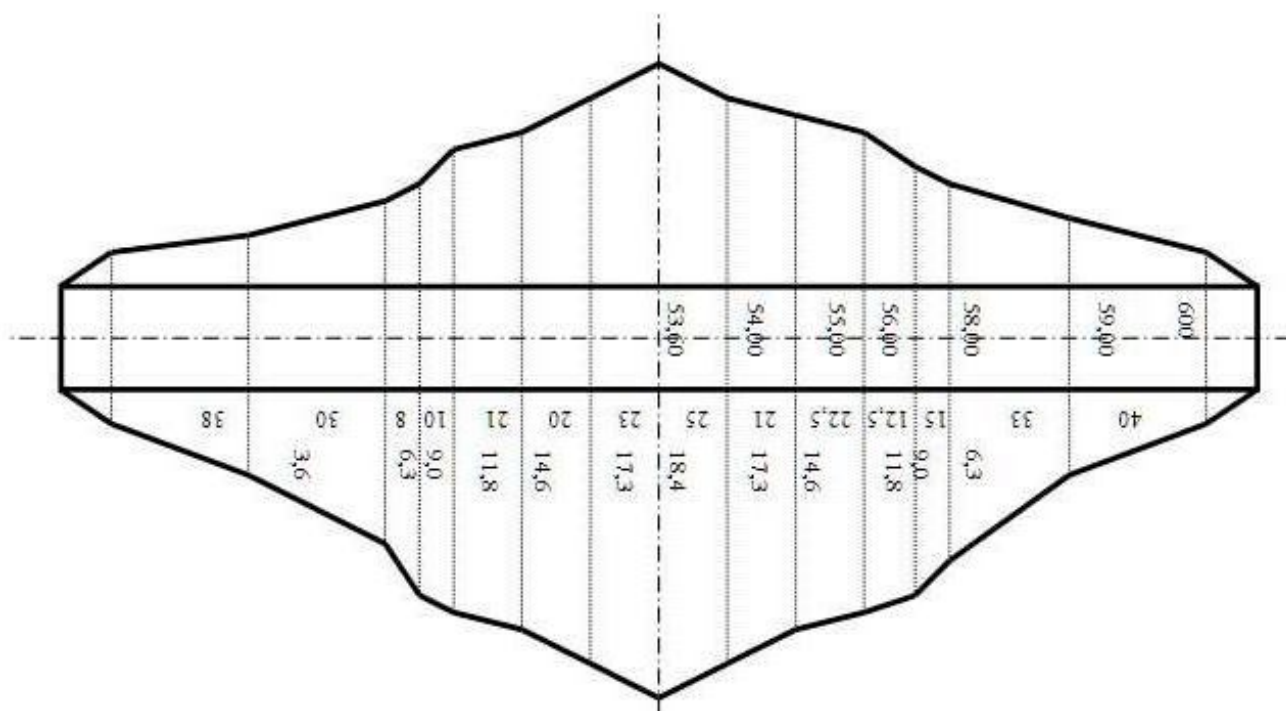


Рис. 8. Продольный план плотины. $M_{\text{верт.}} 1:250$, $M_{\text{гор.}} 1:2500$

МЕЛИОРАЦИЯ ОВРАЖНО-БАЛОЧНЫХ СИСТЕМ

Расчет противозерозионных гидротехнических сооружений

Отрицательные формы рельефа, или понижения, почти всегда соединены между собой и в плане подобны ветвящемуся дереву. Сеть понижений, по которой проходит сток поверхностных вод, называется гидрографической сетью. Она образовалась в ледниковый период, когда огромные массы воды, образовавшиеся при таянии льда, размывали земную поверхность. Древняя гидрографическая сеть начинается ложбиной (рис. 9,а). Это симметричное углубление местности небольшой протяженности и глубины (0,5–2,0 м) с пологими боковыми склонами. Ложбина, постепенно углубляясь, переходит в следующее звено гидрографической сети – лощину (рис. 9,б). От ложбины отличается четко выраженной корытообразностью и большей крутизной (8–15°) склонов. Следующим звеном является балка (рис. 9,в), это глубокое понижение местности с крутыми склонами, обычно задернованными и покрытыми растительностью. Ложбины и лощины входят в систему той или иной балки. Балка обычно входит в речную долину с постоянным речным потоком. От древней гидрографической сети следует отличать углубления, являющиеся результатом эрозии. К ним относятся промоины и овраги, которые составляют около 8 % современной гидрографической сети.

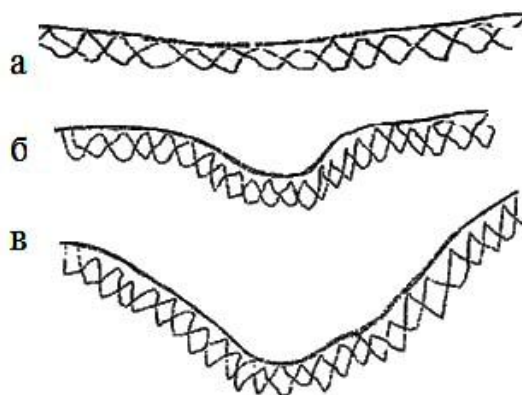


Рис. 9. Схема поперечного профиля звеньев древней гидрографической сети: а – ложбина; б лощина; в – балка

Сосредоточенный сток поверхностных вод в продольных понижениях местности приводит к размывам в нижней части ложбин, которые считаются начальной стадией оврага. Развитие оврага обычно начинается с промоины. Со временем под действием эрозии эта промоина постепенно углубляется, расширяется, разветвляется и образуются овраги, которые также подвержены эрозии.

Овраги – узкие углубления с незадернованными крутыми склонами. В каждом овраге выделяют вершину, отвертки, дно, русло, устье, конус

выноса, откосы и бровку. *Вершина оврага* – самая верхняя его часть, через которую поступает в овраг большая часть стока. Многие овраги имеют несколько вершин, в этом случае боковые вершины называют *отвертками*. Нижняя часть оврага по которой течет вода, именуется *дном*. В недавно образовавшихся оврагах вода течет по всей ширине оврага. В старых оврагах, имеющих большую ширину дна, поток протекает по выработанному им *руслу*. Конец оврага, который сливается с долиной реки или балки, называется его *устьем*. В устье оврага скорость потока воды уменьшается, отложения песка или ила здесь располагаются в виде веера и называются *конусом выноса*. Боковые стенки оврага называют *откосами*. На земле поверхность оврага ограничивается *бровкой*.

Водосборная площадь у ложбин не более 10 га. Водосбор балок более сложен по контуру и достигает 50-2500 га. Размер и форма водосборного бассейна также влияют на развитие водной эрозии.

В системе противоэрозионных мероприятий, особенно в начальной стадии их реализации, важное место принадлежит гидротехническим сооружениям (ГТС). Они делятся на несколько видов: сооружения на водосборной площади, головные овражные, русловые и донные.

К сооружениям на водосборной площади относятся: 1) земляные сооружения, задерживающие поверхностный сток. Это валы-террасы с широким основанием и водозадерживающие валы. Они полностью или частично задерживают сток и смыл почвы; 2) сооружения, обеспечивающие безопасный сброс поверхностного стока. Это распылители стока, водоотводные (направляющие) валы и нагорные каналы. Они служат для ликвидации опасной концентрации стока в различных понижениях (ложбины, колеи дорог и т.д.).

Головные овражные (вершинные) сооружения применяют в тех случаях, когда надо задержать развитие вершины оврага, особенно если это угрожает мостам, железным и шоссейным дорогам, капитальным зданиям и т.д. К ним относятся перепады, быстротоки и консольные сбросы. Эти сооружения позволяют весь сток с водосборной площади, прилегающей к вершине оврага, безопасно транспортировать на дно оврага и далее отводить в ближайшую реку.

Русловые и донные сооружения предназначены для борьбы с углублением оврага. Выполняют их в виде запруд, которые уменьшают скорость движения воды по дну оврага и, в конечном счете, способствуют стабилизации поперечного сечения оврага, закреплению его растительностью.

Все ГТС подразделяют на простые (простейшие), устраиваемые из земли и местных строительных материалов (по капитальности относятся к IV классу и временным сооружениям), и сложные. К ним относят пруды, берегоукрепляющие (террасирование к выколачиванию склонов, возведение подпорных стенок и др.), сопрягающие (перепады, быстротока) и другие сооружения.

Проектирование всех противозерозионных ГТС (ПГТС) предполагает выполнение гидрологических расчетов (нахождение объемов стока или расхода воды), а дальше в зависимости от воздействия на сток (задержание или транзит), гидравлический расчет безаварийных параметров ГТС.

Водозадерживающие валы в вершине оврага

Водозадерживающие валы (В.М. Борткевича) применяют, главным образом, для приостановки роста оврагов. Их размещают на приовражном участке, по горизонталям выше растущей вершины оврага (рис. 10), а также на водосборной площади с целью задержания стока и защиты склонов водосбора от интенсивных эрозионных процессов.

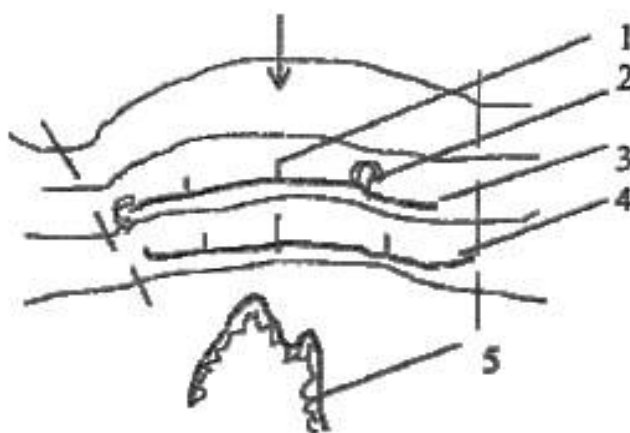


Рис. 10. Размещение водозадерживающих валов у вершины оврага:
1 – глухая перемычка; 2 – открытая перемычка; 3 – открытая шпора;
4 – глухая шпора; 5 – овраг

Параметры водозадерживающих валов (рис. 11) назначаются после гидрологических расчетов по определению объемов и расходов воды с учетом механического состава грунта и топографических особенностей местности.

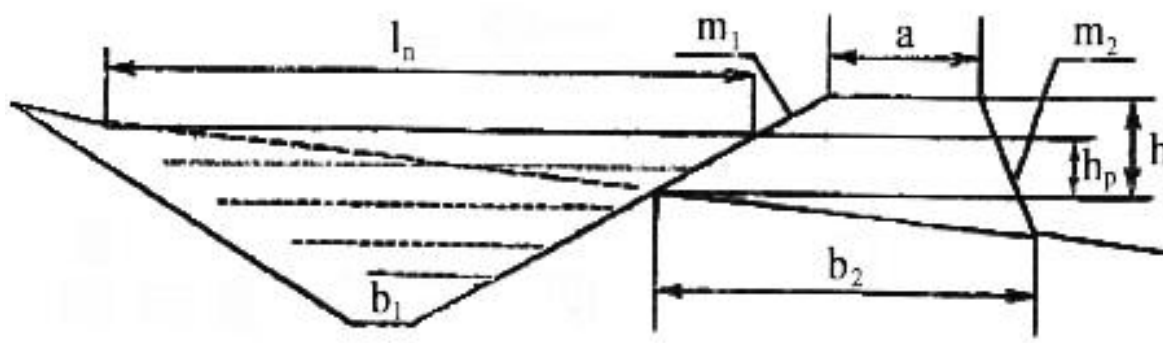


Рис. 11. Поперечное сечение водозадерживающего вала
 l_n – длина прудка; b_2 – ширина основания вала

В гидрологических расчетах определяют суммарный объем стока (W), который должен задержать проектируемый вал. Он равен сумме объема стока воды во время весеннего половодья ($W_{10\%}$) и объема смыва почвы при весеннем снеготаянии ($W_{см 10\%}$) при обеспеченности $P = 10 \%$. Максимальный расход воды во время весеннего половодья ($Q_{\%}$) рассчитывается на обеспеченность 5% .

$$W = W_{10\%} + W_{см 10\%}. \quad (15)$$

Например, при максимальном расходе талой воды $Q_{5\%} = 0,051 \text{ м}^3/\text{с}$, объеме воды $W_{10\%} = 1014 \text{ м}^3$, объеме смытой почвы $W_{см 10\%} = 2,85 \text{ м}^3$ суммарный объем стока составит

$$W = 1014 + 2,85 = 1016,85 \text{ м}^3.$$

Расстояние от вершины оврага до границы сухого откоса вала ($L_в$) вычисляют по формуле

$$L_в = 3h_0K_3 = 3 \cdot 2,1 \cdot 1,2 = 7,6 \text{ м}, \quad (16)$$

где h_0 – высота вершинного перепада оврага, м;

K_3 – коэффициент запаса (для лессовых пород – 1,4; для супесей и суглинков – 1,2; для глин – 1,0).

Далее на плане откладывают эту величину от вершины оврага и через полученную точку параллельно горизонталям проводят линию до пересечения с боковыми водоразделами, определяющими поступление воды к вершине оврага. Эта линия соответствует длине водозадерживающего вала (например, $L_в = 51 \text{ м}$).

Объем стока, который должен задержать 1 погонный метр вала ($W_{1пм}$), вычисляют по зависимости

$$W_{1пм} = \frac{W}{L_в} = \frac{1016,85}{51} = 19,94 \text{ м}^3 / \text{м}. \quad (17)$$

Далее определяют рабочую высоту водозадерживающего вала

$$h_p = \sqrt{2iW_{1пм}} = \sqrt{2 \cdot 0,0524 \cdot 19,94} = 1,44 \text{ м}, \quad (18)$$

где i – уклон в зоне строительства вала (определяется по плану).

Общую высоту вала находят с учетом запаса (h_3), который принимают исходя из рабочей высоты вала (при $h_p < 1,5 \text{ м}$ – $h_3 = 0,3 \text{ м}$; при $h_p = 1,6\text{--}2,0 \text{ м}$ – $h_3 = 0,4 \text{ м}$; при $h_p > 2 \text{ м}$ – $h_3 = 0,5 \text{ м}$)

$$h_{общ} = h_p + h_3 = 1,44 + 0,3 = 1,74 \text{ м}, \quad (19)$$

Валы высотой более 2 м в большей мере подвержены разрушению. В этом случае первый вал принимают высотой 2 м и проектируют второй.

Для этого рассчитывается, какой объем стока задерживает первый вал

$$W_{\text{ипм}} = \frac{h^2}{2i}. \quad (20)$$

После этого высоту второго вала определяют на оставшуюся величину стока.

Через 50–100 м длины вала проектируются перемычки (глухие или открытые). На концах вала устраивают одну глухую и одну открытую «шпоры». В открытой «шпоре» проектируют водослив, гидравлический расчет которого проводят по основной формуле водослива с определением ширины порога (b)

$$b = \frac{Q_{5\%}}{mH\sqrt{2gH}}, \quad (21)$$

где $m = 0,3$ коэффициент расхода водослива;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

H – напор воды на пороге водослива, принимается равным 0,1–0,2 м

Для определения ширины порога водослива можно использовать формулу для водослива прямоугольного сечения с широким порогом.

$$b = \frac{Q_{5\%}}{1,4H\sqrt{H}} = \frac{0,051}{1,4 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{0,2}} = 0,41. \quad (22)$$

Остальные размеры вала принимаем по рекомендациям: ширина гребня a – 2,5 м (для обеспечения прохода трактора по гребню при уплотнении тела вала при строительстве); заложение мокрого откоса m_1 – 2, сухого m_2 – 1; "шпоры" на концах вала устраиваются под углом 100–120 °; перемычку не предусматриваем, так как длина вала не превышает 100 м.

Выполнить практическую работу по индивидуальному заданию.

РАСЧЕТ ОРОСИТЕЛЬНЫХ И ПОЛИВНЫХ НОРМ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ВОДЫ НА ОРОШЕНИЕ

Режим орошения представляет совокупность поливных и оросительных норм, числа и сроков полива. Он зависит от биологических особенностей растений, климатических, почвенных и гидрологических условий орошаемых земель. Основой для оценки необходимости в орошении, а также территориальной и количественной изменчивости режимов орошения может служить коэффициент увлажнения. Коэффициент увлажнения определяется по формуле

$$K_{\text{увл}} = \frac{10P}{T},$$

где $K_{\text{увл}}$ – коэффициент увлажнения;

P – сумма осадков за период вегетации, мм;

T – сумма температур за период вегетации, °С.

Значения коэффициента увлажнения показывают: при $\alpha = 0,5$ – сухо; при $\alpha = 1,0$ – засушливо; при $\alpha = 3,5$ – влажно и при $\alpha = 2,0$ – избыточно влажно.

Например, сумма осадков за вегетационный период 2007 г. составила 474 мм, а сумма температур 1980,2 °С. Рассчитаем коэффициент увлажнения

$$K_{\text{увл}} = \frac{10 \cdot 474}{1980,2} = 2,4.$$

Таким образом, период вегетации 2007 года характеризовался избыточным увлажнением.

По коэффициенту увлажнения различают два основных типа водного режима – промывной и непромывной. Для всей лесной зоны России характерен промывной тип водного питания почвы с коэффициентом увлажнения 2,0–2,5.

Непромывной тип водного режима характерен для почв лесостепной, степной и пустынной зон. В лесостепной зоне осадки выпадают неравномерно, бывают засушливые годы, коэффициент увлажнения колеблется от 1,0 до 2,0. В этой зоне в засушливые годы необходимо орошение.

Период времени, в течение которого возникает надобность в поливах, называют оросительным периодом.

Основой для расчета показателей поливного режима в оросительный период служит уравнение водного баланса. Балансовые расчеты заключаются в сопоставлении количества воды, необходимого растениям для их нормального роста и развития, с природной водообеспеченностью орошаемых площадей (атмосферными осадками и грунтовыми водами). В основу биоклиматического метода расчета положена общность между суммарным водопотреблением и испаряемостью. По разнице между суммарным водопотреблением культуры и ее естественной влагообеспеченностью определяется оросительная норма.

Оросительная норма или дефицит водопотребления за вегетационный период – количество воды, подаваемое на 1 га орошаемой площади за весь период вегетации. Она равна разнице между суммарным водопотреблением культуры и естественной влагообеспеченностью.

$$M = E_v - (V_n + 10P \cdot \alpha + \Gamma),$$

где M – оросительная норма м³/га;

E_v – суммарное водопотребление культуры за вегетационный период, м³/га;

V_n – активный запас влаги в почве на начало вегетации, м³/га (колеблется от 600 до 1400 в зависимости от механического состава грунтов и типа почвы);

P – сумма осадков за вегетационный период, мм;

α – коэффициент испарения атмосферных осадков, 0,5–1,0;

Γ – количество грунтовых вод, используемых за расчетный период, м³/га.

По формуле И.А. Шарова оросительная норма определяется как разность суммы суточных температур за период вегетации и активных запасов влаги в почве.

$$M = 2 \sum t - W_{\text{ак}}, \quad (25)$$

где $\sum t$ – сумма среднесуточных температур за период вегетации, °С;

$W_{\text{ак}}$ – активные запасы влаги в почве, м³/га, образующиеся за счет осенних и весенних осадков (их величина принимается равной 50 % полевой влагоемкости) (прил. 3).

Например, для тяжелых суглинков оросительная норма составит

$$M = 2 \cdot 1980,2 - 320 : 2 + 3960,4 - 1600 + 2360,4 \text{ м}^3 / \text{га}.$$

Обычно оросительная норма принимается по данным опытных зональных станций, государственных сортоучастков и данным существующих питомников (прил. 4).

При современных способах полива воду на орошаемую площадь подают отдельными поливами. **Поливной нормой** называется объем воды, который требуется подавать на 1 га орошаемой площади за один полив. Она зависит от свойств и строения почвы в зоне аэрации, расчетной глубины увлажнения (мощность корневой системы) и степени иссушения почвы перед поливом.

$$m = 100 h \gamma (\beta_{\text{ппв}} - \beta_{\text{п}}),$$

где m – поливная норма, м³/га;

h – слой промачивания, м;

γ – объемная масса почвы, г/см³ или т/м³;

$\beta_{\text{ппв}}$ – предельная полевая влагоемкость почвы, % от объемной массы;

$\beta_{\text{п}}$ – предполивная влажность почвы, % от объемной массы.

Устанавливая слой промачивания в питомниках, следует учитывать, что увеличение глубины промачивания способствует развитию глубокой корневой системы. При выкопке посадочного материала значительная часть корней подрезается, что при глубокой корневой системе снижает приживаемость посадочного материала на лесокультурной площади или при посадке в школьные отделения питомников. Поэтому в питомниках по выращиванию сеянцев древесно-кустарниковых пород глубина промачивания почвы принимается равной 0,1–0,3 м в зависимости от фазы развития и вида растений. В школьных отделениях глубина промачивания увеличивается до 0,4–0,5 м: в молодых садах 0,5–0,6 м; в плодоносящих – 0,7–1,0 м; в парках и лесонасаждениях – 1,0–1,2 м. Однако при глубине грунтовых вод 1–2 м глубина промачивания должна составлять 0,4–0,75 м.

Примерные значения объемной массы почвы (γ), предельной ($\beta_{\text{ппв}}$) и предполивной ($\beta_{\text{п}}$) влажности почвы приведены в прил. 3.

Например, в посевном отделении питомника для 3-летних сеянцев на тяжелосуглинистых почвах поливная норма составит

$$m = 100 \cdot 0,3 \cdot 1,45 \cdot (30 - 22,5) = 30 \cdot 1,45 \cdot 7,5 = 326,25 \text{ м}^3 / \text{га}.$$

По назначению различают промывные, влагозарядковые, предпосевные, вегетационные, освежительные и подкормочные поливы.

В зоне избыточного увлажнения поливы в питомниках требуются только после посева, в фазе развития всходов, перед выкопкой посадочного материала, а также периодически в засушливые периоды и годы. Обычно достаточно 2 – 4 поливов в год.

Расчетные расходы воды из каналов оросительной сети определяют на основе потребности в воде растений с учетом рельефа местности, характера почвогрунтов и возможностей источника орошения.

$$Q_{\text{нт}} = \frac{fm 1000}{86400t}, \quad (27)$$

где $Q_{\text{нт}}$ – расход воды (нетто), требуемой для полива (без учета потерь на испарение и фильтрацию), л/с;

m – поливная норма, м³/га;

f – площадь полива, га;

t – продолжительность полива, сут.

Поливы обычно производятся круглосуточно и продолжаются 1-6 суток и более. Например, для полива 3 га 3-летних сеянцев в течение 0,5 суток расход воды по каналу составит

$$Q_{\text{нт}} = \frac{3 \cdot 326 \cdot 1000}{86400 \cdot 0,5} = \frac{978000}{43200} = 22,6 \text{ л / с}.$$

Расчет параметров (b , h) оросительных каналов при расходах 20 – 100 л/с аналогичен гидравлическому расчету каналов осушительной сети. При орошении дождевальными установками, забирающими воду из оросителей, расчетные расходы определяют по расходам дождевальных устройств.

Чтобы определить размеры водоисточника (пруда), необходимо рассчитать среднюю оросительную норму нетто для культуры питомника

$$M_{\text{ср}}^{\text{нт}} = \sum a_i M_i^{\text{нт}},$$

где a_i – доля культуры в севообороте;

$M_i^{\text{нт}}$ – оросительная норма на одно поле, м³/га.

Средняя оросительная норма брутто ($M_i^{\text{бр}}$) зависит от КПД оросительной сети (η) и потерь на испарение во время полива (k_n).

$$M_{\text{ср}}^{\text{бр}} = \frac{M_{\text{ср}}^{\text{нт}} k_n}{\eta}, \quad (29)$$

где k_n – для лесной зоны – 1,1; для лесостепной – 1,2;
 η – в среднем 0,6–0,8.

Оросительная способность водоисточника (Ω , га) находится по формуле

$$\Omega^{\text{нт}} = \frac{V_{\text{полезн}}}{M_{\text{ср}}^{\text{бр}}}.$$

Например, определить оросительную способность водоисточника, если полезный объем пруда, расположенного в лесной зоне, составляет 5 тыс. м³. Орошается питомник с шестипольным оборотом: 1 и 2 поле – чистый пар; 3 – сосна 1 года ($M_3^{\text{нт}} = 650 \text{ м}^3/\text{га}$); 4 – сосна 2 года ($M_4^{\text{нт}} = 300 \text{ м}^3/\text{га}$); 5 – береза 1 года ($M_5^{\text{нт}} = 600 \text{ м}^3/\text{га}$); 6 – береза 2 года ($M_6^{\text{нт}} = 400 \text{ м}^3/\text{га}$).

$$M_{\text{ср}}^{\text{нт}} = 1/6M_1 + 1/6M_2 + 1/6M_3 + 1/6M_4 + 1/6M_5 + 1/6M_6 = \\ = 650/6 + 300/6 + 600/6 + 400/6 = 108,3 + 50 + 100 + 60,7 = 319 \text{ м}^3/\text{га};$$

$$M_{\text{ср}}^{\text{бр}} = 319 \cdot 1,1 / 0,8 = 350,9 / 0,8 = 438,6 \text{ м}^3/\text{га};$$

$$\Omega^{\text{нт}} = 500 / 438,6 = 11,4 \text{ га}.$$

Таким образом, в заданном районе из пруда можно оросить питомник площадью 11,4 га.

Выполнить практическую работу по индивидуальному заданию.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ФОНТАНОВ

При гидравлическом расчете фонтанов обычно требуется определить расход воды и высоту фонтанной струи (рис. 12).

Для решения задач применяются следующие формулы:

Расход воды фонтанной струи

$$Q = \mu \omega_n \sqrt{\frac{2gH}{2gAL\mu^2\omega_n + 1}}, \quad (31)$$

μ – коэффициент расхода насадки (для цилиндрических – 0,82);

ω_n – площадь живого сечения насадки (трубы), м;
 g – ускорение свободного падения, 9,81 м/с;
 H – общий напор, м;
 A – удельное сопротивление трубы;
 L – длина трубы, м.

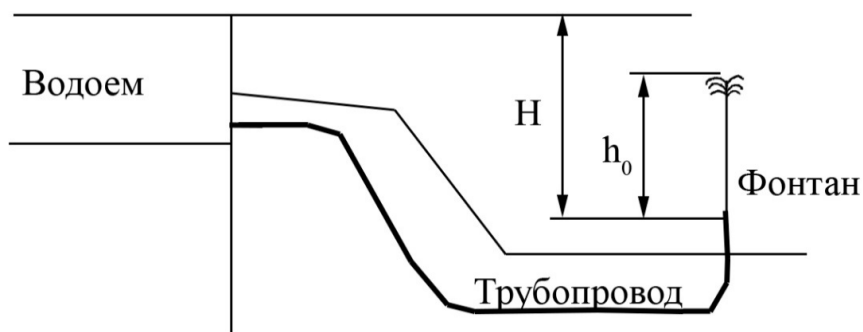


Рис. 12. Схема фонтана:

H – общий напор или превышение уровня воды в водоеме над выходным отверстием фонтана; h_0 – высота фонтанной струи

Общий напор

$$H = ALQ^2 + \frac{Q}{2g\mu^2\omega_n^2}. \quad (32)$$

Высота фонтанной струи

$$h_0 = \frac{H}{2gAL\mu^2\omega_n^2 + 1}. \quad (33)$$

Действительная высота фонтанной струи вследствие сопротивления воздуха и сжатия струи будет несколько меньше, определяется ее величина по формуле Люгера

$$h_d = \frac{h_0}{1 + \varphi h_0}, \quad (34)$$

где коэффициент φ определяется по формуле

$$\varphi = \frac{0,25}{d_n + (0,1 d_n)^3}, \quad (35)$$

где d_n – диаметр выходного отверстия насадки, м.

Диаметр фонтанной трубы можно вычислить по формуле

$$d = 2\sqrt{\frac{Q}{\pi v}},$$

где v – скорость воды в трубах (для фонтанов принимается 0,5–0,6 м/с).

Задача 1. Определить превышение уровня водоема над выходным отверстием трубы фонтана. Длина трубопровода 1680 м, диаметр насадки 0,075 м, коэффициент расхода насадки $\mu = 0,857$, удельное сопротивление трубы 0,17, расход воды 0,3 м³/с.

Задача 2. Определить диаметр фонтанной трубы при расходе воды 0,42 м³/с.

Задача 3. Определить высоту действительной фонтанной струи и расход воды при общем напоре – 35 м, длине трубопровода – 2800 м, диаметре трубы $d = 0,30$ м, насадки $d_n = 0,075$, $\mu = 0,945$.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Бабилов, Б.В. Гидротехнические мелиорации [Текст] / Б.В. Бабилов. СПб.: Лань, 2005. 304 с.

Сабо Е.Д., Теодоронский В.С., Золотаревский А.А. Гидротехнические мелиорации объектов ландшафтного строительства [Текст]: учебник / Е.Д. Сабо, В.С. Теодоронский, А.А. Золотаревский. М.: Академия, 2008. 336 с.

Маевская М.А., Горяева А.В. Гидротехнические мелиорации лесных земель [Текст]: метод. указ. к выполнению лабораторных работ для студ. очной формы обуч./ М.А. Маевская, А.В. Горяева. Екатеринбург: УГЛТУ, 2010. 43 с.

Матвеева, М.А. Гидромелиорация ландшафта [Текст]: метод. указ. к выполнению курсовой работы по проектированию плотинного пруда для студ. очной и заочной форм обуч./ М.А. Матвеева. Екатеринбург: УГЛТУ, 2006. 48 с.

Матвеева М.А. Гидротехнические мелиорации [Текст]: метод. указ. к решению задач для студ. спец. 2604, 2605. / М.А. Матвеева. Екатеринбург: УГЛТА, 2003. 17 с.

Матвеева М.А., Чиндяев А.С. Гидротехнические мелиорации лесных земель. Раздел «Орошение и водоснабжение» [Текст]: метод. указ. к выполнению лабораторно-практических работ для студ. факультета лесного хозяйства (специальность 260400). / М.А. Матвеева, А.С. Чиндяев. Екатеринбург: УГЛТА, 2000. 32 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Количество осадков по годам, мм

| Год | Месяц вегетации | | | | | Итого |
|---------|-----------------|-----|-----|------|-----|-------|
| | V | VI | VII | VIII | IX | |
| 1998 | 29 | 61 | 89 | 37 | 36 | 252 |
| 1999 | 62 | 100 | 72 | 69 | 69 | 372 |
| 2000 | 27 | 63 | 80 | 71 | 186 | 427 |
| 2002 | 36 | 27 | 42 | 32 | 103 | 240 |
| 2003 | 50 | 76 | 11 | 79 | 59 | 275 |
| 2004 | 62 | 111 | 99 | 113 | 114 | 499 |
| 2005 | 16 | 44 | 171 | 98 | 60 | 389 |
| 2006 | 17 | 26 | 185 | 88 | 10 | 326 |
| 2007 | 65 | 57 | 197 | 107 | 48 | 474 |
| 2008 | 24 | 69 | 154 | 135 | 28 | 410 |
| Среднее | 43 | 70 | 99 | 73 | 58 | 343 |

Приложение 2

Среднемесячная температура воздуха в период вегетации, °С

| Год | Месяц вегетации | | | | | Итого |
|---------|-----------------|------|------|------|------|-------|
| | V | VI | VII | VIII | IX | |
| 1998 | 7,3 | 14,7 | 14,9 | 15,2 | 8,7 | 12,2 |
| 1999 | 6,8 | 14,6 | 14,5 | 12,8 | 9,4 | 11,7 |
| 2000 | 14,9 | 17,7 | 19,6 | 14,2 | 7,9 | 14,9 |
| 2002 | 8,8 | 17,8 | 20,7 | 17,0 | 8,9 | 14,6 |
| 2003 | 10,2 | 19,2 | 20,7 | 13,1 | 8,5 | 14,3 |
| 2004 | 7,8 | 16,1 | 17,1 | 14,5 | 7,3 | 12,6 |
| 2005 | 13,5 | 18,8 | 16,5 | 12,5 | 9,8 | 14,2 |
| 2006 | 8,0 | 12,8 | 14,8 | 16,0 | 10,0 | 12,3 |
| 2007 | 9,7 | 16,8 | 17,8 | 15,2 | 5,3 | 13,0 |
| 2008 | 10,8 | 16,4 | 14,9 | 13,5 | 9,9 | 13,1 |
| Среднее | 9,3 | 15,4 | 17,2 | 13,7 | 8,7 | 12,9 |

Приложение 3

Характеристика свойств почвы

| Почва | Объемная масса, г/см ³ | Предельная полевая влагемкость первого метра почвы | | Предполивная влажность почвы, |
|------------------|-----------------------------------|--|--------|-------------------------------|
| | | м ³ /га | % от Υ | % от |
| Супеси | 1,38 | 1880-2000 | 4-12 | 60-65 |
| Легкие суглинки | 1,40 | 2200-2600 | 12-18 | 65-70 |
| Средние суглинки | 1,42 | 2600-2800 | 18-25 | 70-75 |
| Тяжелые суглинки | 1,45 | 2800-3200 | 25-30 | 75-80 |

Приложение 4

Ориентировочные величины оросительных норм в лесных питомниках
Уральского региона, м³/га

| Породы | Подзона средней тайги | Подзона южной тайги | Зона широко- лист- венных лесов | Лесо- степная зона | Степная зона | |
|--|-----------------------------|---------------------------|---|--------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| | | | | | подзона север- ных степей | подзона южных степей |
| Ель, сосна, кедр, лиственница. Липа, сирень, бирючина, береза, тополь, ольха, вяз, арония, смородина, облепиха | 600 | 800 | 920 | 1300 | 2520 | 2430 |
| Ясень, лещина, груша, клен, рябина, кизильник, боярышник, ирга, яблоня | 400 | 500 | 550 | 700 | 1320 | 1200 |
| Дуб, карагана (акация), каштан, орех | — | — | 335 | 600 | 600 | 600 |